第３章　気体

第８講

1　気体

気体に関する法則は，1600年代のボイルの法則，1700年代のシャルルの法則，そして1800年代の状態方程式というように，歴史的背景から学びがちである。もちろん歴史は大切である。しかし，気体の計算をマスターするために本当に必要なのは，気体とは何なのか，気体の体積・圧力とは何なのかを理解し，自分で状態方程式を説明できるようになることであろう。

(1)　気体

気体は分子の熱運動が激しく，分子間距離が大きいため，ファンデルワールス力をはじめとする分子間力がほぼ0である。それにより分子は自由に運動し，空間に分散していくため，体積は一定ではなく，空間全体に対する分子の大きさは無視できる状態である。

・気体の体積 V（Volume）　　　：気体が動き回れる空間の広さ。
・気体の圧力 P（Pressure）　　：気体が容器に衝突する力を単位面積あたりで表したもの。
$1.013\times10^5\,\mathrm{Pa}=760\,\mathrm{mmHg}=1\,\mathrm{atm}$
・気体の温度 T（Temperature）：空間の温度であるが熱運動の激しさを表すともいえる。
セルシウス温度［℃］ではなく，絶対温度［K］で表す。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(2) 気体の状態方程式

理想気体は，分子間力と分子の体積(大きさ)を無視しているため，次の式が成立する。

$$PV = nRT$$

n：物質量mol，R：気体定数 8.31×10^3 Pa・L/(mol・K)

これが状態方程式である。

また，物質量 $n = \dfrac{質量\,w}{分子量\,M}$ が成立するため，上記の式は次のように変形できる。

$$PV = \frac{w}{M}RT$$

よって密度を d (g/L) とすると，

$$M = \frac{w}{V} \cdot \frac{RT}{P} = d \cdot \frac{RT}{P}$$

となる。

以上より，

・気体の状態方程式から分子量を求めることができる
　　（分子量測定→デュマ法）
・PT 一定のもとでは，気体の分子量は密度に比例する

ことがわかる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(3) 気体の計算

①変化がない場合

何も変化が起こってない場合，または比較する対象がない場合は状態方程式に数値を代入して，知りたいものを導くしかない。

例題　27℃，1.0×10^5 Pa で 1.0 mol の N_2 の体積は何 L か。　　解：25 L

②物理的変化がある場合

気体の置かれた環境に変化がある場合，すなわち物理的変化がある場合には，変わらないものに注目して立式していく。また，環境の異なる気体どうしは比較するときにも有効である。

例題　5.0 L の容器に N_2 が 27℃，1.0×10^5 Pa で入っている。327℃に変えると圧力は何 Pa になるか。　　解：2.0×10^5 Pa

〈参考〉：n と T が一定の場合→ $P\propto V^{-1}$（ボイルの法則）
n と P が一定の場合 → $V\propto T$（シャルルの法則）
P と T が一定の場合→一定体積中に含まれる気体の粒子数 n は，気体の種類によらず一定。
すなわち $V\propto n$（アボガドロの法則）

③化学的変化がある場合

気体が化学変化を起こした場合には，化学反応式を書き，反応前，変化量，反応後がわかる表をつくっていく。

例題　5.0 L の容器に CH_4 3.0 kPa，O_2 8.0 kPa でいれ，燃焼させた。このとき，反応後の容器の圧力は何 kPa になるか。ただし，H_2O はすべて液体とし，反応前後で温度は変化しないものとする。　　解：5.0 kPa

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８講　演習問題

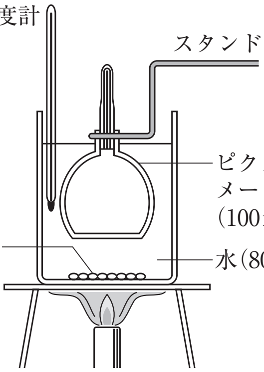
1

理想気体は密度が測定できれば，状態方程式から分子量を求めることができる。以下のような実験により，27℃，1.00×10^5 Paのもとで揮発性の液体の蒸気密度を測定し，分子量を求めた。実験操作を読み，以下の問いに答えよ。ただし，気体定数は8.3×10^3 Pa・L/(mol・K)とする。

（実験）

最初に，内容積が100 mLのピクノメーターの質量を測定すると30.50 gであった。次にこのピクノメーターに液体試料Ａを約１g入れ，図のように80℃に保った湯浴に沈めた。Ａが全て蒸発したのを確認した後，ピクノメーターを湯浴から取り出し，直ちに室温まで冷却した。

その後ピクノメーターのまわりの水滴を拭き取り，質量を測定すると30.785 gであった。



問１　液体試料Ａの分子量を整数で求めよ。ただし，Ａの蒸気圧は無視できるものとする。

問２　液体試料Ａの蒸気圧を考慮すると，Ａの分子量はいくらになるか整数で求めよ。ただし，27℃，1.00×10^5 PaにおけるＡの飽和蒸気圧は0.145×10^5 Pa，空気の密度は1.1 g/Lとする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８講　確認テスト

1　次の各問に答えよ。ただし，気体定数は8.3×10^3 Pa･L/(mol･K)とする。また，原子量はH＝1.0，C＝12，O＝16，Cl＝35.5とする。

問１　標準状態(0℃，1.0×10^5Pa)で密度が1.34 g/Lを示す気体はどれか。

㋐　CO　　㋑　C_2H_6　　㋒　O_2　　㋓　HCl

問２　27℃，1.0×10^5 PaにおけるCH_4の密度(g/L)はいくらか。最も近い数値を選べ。

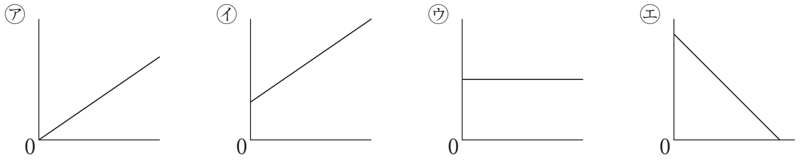
㋐　0.12　　㋑　0.27　　㋒　0.58　　㋓　0.65

問３　27℃，1.2×10^5 Paにおいて100 mL，0.31 gをしめる気体の分子量はいくらか。最も近い数値を選べ。

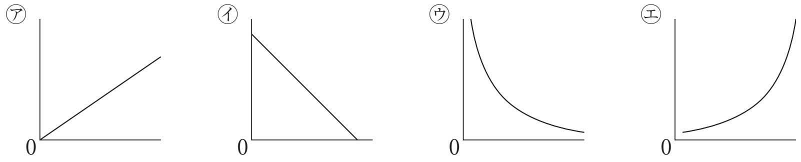
㋐　16　　㋑　32　　㋒　48　　㋓　64

問４　理想気体について，(1)～(3)の条件に当てはまるグラフを一つずつ選べ。ただし，グラフの原点はすべてゼロ(0)とする。

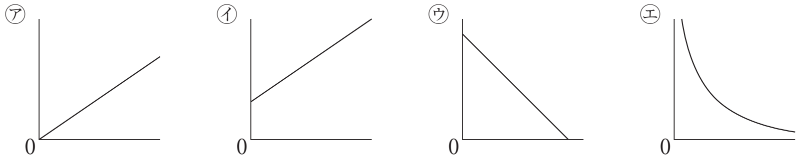
(1)　圧力を一定とし，縦軸を体積(L)，横軸をセルシウス温度(℃)としたとき，一定量の理想気体の示すグラフ



(2)　温度を一定とし，縦軸を圧力(Pa)，横軸を体積(L)としたとき，一定量の理想気体の示すグラフ



(3)　縦軸を圧力(Pa)×体積(L)，横軸を絶対温度(K)としたとき，一定量の理想気体の示すグラフ



第８講　演習問題

1

問１　84

問２　88

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８講　確認テスト

1

問１　㋑

【解説】

標準状態（0℃，1.01×10^5Pa）の密度に22.4をかけると分子量になることから，

$$1.34 \times 22.4 = 30.016$$

分子量が30のエタンが適している。

問２　㋓

【解説】

$$d = \frac{PM}{RT}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^5 \times 16}{8.3 \times 10^3 \times 300}$$

$$= \boxed{0.642}\ (\mathrm{g/cm^3})$$

問３　㋓

【解説】

$$M = \frac{wRT}{PV}$$

$$= \frac{0.31 \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{1.2 \times 10^5 \times 100 \times 10^{-3}}$$

$$= \boxed{64.3}$$

問４　(1)　㋑　　(2)　㋒　　(3)　㋐

【解説】

(1)　横軸がセルシウス温度であることから，

$V = \dfrac{nR}{P}(t + 273)$となるため，㋑が適切である。

(2)　PV＝一定であるため，反比例のグラフの㋒が適切。

(3)　$PV = nRT$となるため，PVとTは比例関係である。原点を通る㋐が適切。